

10/521892

DT01 Rec'd PCT/PTC 19 JAN 2005

5005.1090

UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

Re: Application of: **Johann ENGELHARDT**
Serial No.: To Be Assigned
Filed: Herewith as national phase of International
Application No. PCT/EP2003/006236, filed 13 June 2004
For: **OPTICAL DEVICE FOR THE COMBINATION OF
LIGHT BEAMS**
Customer No.: 23280

LETTER RE: PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

January 17, 2005

Sir:

Applicant hereby claims priority of German Application Serial No. DE 102 33 074.3, filed 19 July 2002, through International Application Serial No. PCT/EP2003/006236, filed 13 June 2004.

Respectfully submitted,

DAVIDSON, DAVIDSON & KAPPEL, LLC

By 

Erik R. Swanson
Reg. No. 40,833

Davidson, Davidson & Kappel, LLC
485 Seventh Avenue, 14th Floor
New York, New York 10018
(212) 736-1940

BEST AVAILABLE COPY

BUNDEREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D PCT/PTO

19 JAN 2003

EP 03/06236

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 06 AUG 2003

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 33 074.3

Anmeldetag:

19. Juli 2002

Anmelder/Inhaber:

Leica Microsystems Heidelberg GmbH, Mannheim/DE

Bezeichnung:Optische Vorrichtung zum Vereinigen von
Lichtstrahlen und Scanmikroskop**IPC:**

G 02 B 21/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurke

Optische Vorrichtung zum Vereinigen von Lichtstrahlen und
Scanmikroskop

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Justieren mindestens eines Lichtstrahles auf einen Sollstrahlengang.

- 5 Die Erfindung betrifft auch optische Vorrichtung zum Vereinigen von einem Lichtstrahl und zumindest einem weiteren Lichtstrahl.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Scanmikroskop, das einen Sollstrahlengang definiert, mit einer Lichtquelle, die zumindest einen Lichtstrahl erzeugt, und mit einer Einrichtung zum Justieren des Lichtstrahles
10 auf den Sollstrahlengang.

Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Justieren mindestens eines Lichtstrahles auf einen Sollstrahlengang und ein Verfahren zum Vereinigen von einem Lichtstrahl und zumindest einem weiteren Lichtstrahl.

- 15 In der Optik tritt häufig das Problem auf, Lichtstrahlen auf einen Sollstrahlengang justieren zu müssen bzw. Lichtstrahlen, insbesondere unterschiedlicher Wellenlänge, kollinear zu vereinigen.

Beispielsweise in der Scanmikroskopie werden Proben oft mit mehreren Markern, beispielsweise mehreren unterschiedlichen Fluoreszenzfarbstoffen präpariert, um diese simultan mit einem Beleuchtungslichtstrahl, der Licht
20 mehrerer Anregungswellenlängen beinhaltet, anzuregen. Zur Erzeugung des Beleuchtungslichtstrahles werden üblicherweise die Lichtstrahlen mehrerer Laser mit meist mehreren, hintereinander geschalteten, dichroitischen Strahlteilern vereinigt. Aus der Deutschen Offenlegungsschrift DE 198 29 953

A1 ist beispielsweise ein Scanmikroskop mit einem dichroitischen Strahlvereiniger für infrarotes und ultraviolettes Licht bekannt.

Aus der Deutschen Offenlegungsschrift DE 198 35 068 A1 ist ein Mikroskop, insbesondere Laser-Scanning-Mikroskop mit Beleuchtung über eine und/oder
5 mehrere Wellenlängen bekannt, wobei eine Steuerung der Intensität mindestens einer Wellenlänge über mindestens einen im Beleuchtungsstrahlengang angeordneten drehbaren Interferenzfilter erfolgt, wobei die mindestens eine Wellenlänge zumindest teilweise aus dem Beleuchtungsstrahlengang herausreflektiert wird und mehrere Filter für
10 unterschiedliche Wellenlängen hintereinander im Beleuchtungsstrahlengang angeordnet sein können.

In der Scanmikroskopie werden die Lichtstrahlen einer Lichtquelle in das Scanmikroskop eingekoppelt und auf den Strahlengang des Scanmikroskops justiert, und eine Probe mit dem Lichtstrahl beleuchtet, um das von der Probe
15 emittierte Reflexions- oder Fluoreszenzlicht zu beobachten. Der Fokus eines Beleuchtungslichtstrahles wird mit Hilfe einer steuerbaren Strahlablenkeinrichtung, im Allgemeinen durch Verkippen zweier Spiegel, in einer Objektebene bewegt, wobei die Ablenkachsen meist senkrecht aufeinander stehen, so dass ein Spiegel in x-, der andere in y-Richtung
20 ablenkt. Die Verkipfung der Spiegel wird beispielsweise mit Hilfe von Galvanometer-Stellelementen bewerkstelligt. Die Leistung des vom Objekt kommenden Lichtes wird in Abhängigkeit von der Position des Abtaststrahles gemessen. Üblicherweise werden die Stellelemente mit Sensoren zur Ermittlung der aktuellen Spiegelstellung ausgerüstet.

25 Speziell in der konfokalen Scanmikroskopie wird ein Objekt mit dem Fokus eines Lichtstrahles in drei Dimensionen abgetastet.

Ein konfokales Rastermikroskop umfasst im Allgemeinen eine Lichtquelle, eine Fokussieroptik, mit der das Licht der Quelle auf eine Lochblende – die sog. Anregungsblende - fokussiert wird, einen Strahlteiler, eine
30 Strahlablenkeinrichtung zur Strahlsteuerung, eine Mikroskopoptik, eine

Detektionsblende und die Detektoren zum Nachweis des Detektions- bzw. Fluoreszenzlichtes. Das Beleuchtungslicht wird über einen Strahlteiler eingekoppelt. Das vom Objekt kommende Fluoreszenz- oder Reflexionslicht gelangt über die Strahlableitvorrichtung zurück zum Strahlteiler, passiert diesen, um anschließend auf die Detektionsblende fokussiert zu werden, hinter der sich die Detektoren befinden. Detektionslicht, das nicht direkt aus der Fokusregion stammt, nimmt einen anderen Lichtweg und passiert die Detektionsblende nicht, so dass man eine Punktinformation erhält, die durch sequentielles Abtasten des Objekts zu einem dreidimensionalen Bild führt.

10 Meist wird ein dreidimensionales Bild durch schichtweise Bilddatennahme erzielt, wobei die Bahn des Abtastlichtstrahles auf bzw. in dem Objekt idealerweise einen Mäander beschreibt. (Abtasten einer Zeile in x-Richtung bei konstanter y-Position, anschließend x-Abtastung anhalten und per y-Verstellung auf die nächste abzutastende Zeile schwenken und dann, bei

15 konstanter y-Position, diese Zeile in negativer x-Richtung abtasten u.s.w.). Um eine schichtweise Bilddatennahme zu ermöglichen, wird der Probenstisch oder das Objektiv nach dem Abtasten einer Schicht verschoben und so die nächste abzutastende Schicht in die Fokusebene des Objektivs gebracht.

Die Einkopplung der Lichtstrahlen zur Beleuchtung einer Probe in ein

20 Mikroskop ist in Bezug auf die Justierung eine sehr kritische Stelle, insbesondere da die Lage und die Ausbreitungsrichtung meist mehrerer Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlängen exakt dem Sollstrahlengang des Mikroskops folgen müssen. Die Justierung einer Direkteinkopplung ist einerseits schwierig und andererseits meist nicht sehr zuverlässig, da

25 aufgrund relativ langer Lichtwege schon kleinste Schwankungen im Aufbau zu Störungen führen, die aufwendige Nachjustierungen erforderlich machen. Oft werden zum Transport der Lichtstrahlen von der Lichtquelle bzw. von den Lichtquellen zu dem Mikroskop Lichtleitfasern verwendet, um das Problem auf eine Justierung der Lichtleitfasereinkopplung zu reduzieren, die zwar auch

30 aufwendig, jedoch aufgrund der kürzeren Lichtwege weniger empfindlich gegen Dejustierungen ist. Das Justierproblem wird hierdurch jedoch nicht

gelöst, sondern allenfalls vermindert, wobei jedoch andere Schwierigkeiten, wie die Schwankung der Polarisationsrichtung der Lichtstrahlen entstehen.

Die bekannten Anordnungen zum Vereinigen von Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge haben den Nachteil, dass sie in Bezug auf
5 einen Wellenlängenwechsel unflexibel sind. Außerdem ist es nicht möglich zu ermitteln, ob die vereinigten Strahlen tatsächlich exakt kollinear verlaufen. Dies bleibt in der Regel aufwendigerweise dem Benutzer bzw. dem Servicetechniker überlassen. Verlaufen die zu einem Beleuchtungslichtstrahl vereinigten Lichtstrahlen nicht weitgehend kollinear, so kommt es in der
10 Scanmikroskopie zu Abbildungsfehlern, insbesondere zu unschönen Artefakten und Helligkeitsschwankungen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Einrichtung zum Justieren mindestens eines Lichtstrahles auf einen Sollstrahlengang anzugeben, die effizient und zuverlässig und schnell arbeitet und universell einsetzbar ist und optional eine
15 Überwachung der Justierung erlaubt.

Die Aufgabe wird durch eine Einrichtung gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, dass ein Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und ein weiteres Mittel zum Abspalten eines zweiten Referenzstrahles vorgesehen ist, wobei die Referenzstrahlen von einem Positionsdetektor detektierbar sind, der
20 in einer bekannten Position zum Sollstrahlengang angeordnet ist, und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen auf den Sollstrahlengang einstellbar ist

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine optische Vorrichtung zum Vereinigen von einem Lichtstrahl und zumindest einem weiteren Lichtstrahl vorzuschlagen, die flexibel insbesondere bei verschiedenen Wellenlängen einsetzbar ist und die gleichzeitig eine effektive und wirksame Überwachung der Lichtstrahlvereinigung ermöglicht.
25

Die Aufgabe wird durch eine optische Vorrichtung gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, dass ein Mittel zum Abspalten eines ersten
30 Referenzstrahles von dem Lichtstrahl und eines weiteren ersten Referenzstrahles von dem weiteren Lichtstrahl, sowie ein weiteres Mittel zum

Abspalten eines zweiten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl und eines weiteren zweiten Referenzstrahles von dem weiteren Lichtstrahl vorgesehen ist, wobei die Referenzstrahlen von einem Positionsdetektor detektierbar sind, und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des Lichtstrahles
5 und/oder des weiteren Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen einstellbar ist.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung ein Scanmikroskop anzugeben, das eine effiziente und zuverlässige und reproduzierbare Einkopplung von Lichtstrahlen zur Beleuchtung einer Probe erlaubt.

10 Diese Aufgabe wird durch ein Scanmikroskop gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, dass ein Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und ein weiteres Mittel zum Abspalten eines zweiten Referenzstrahles vorgesehen ist, wobei die Referenzstrahlen von einem Positionsdetektor detektierbar sind, der in einer bekannten Position zum
15 Sollstrahlengang angeordnet ist, und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen auf den Sollstrahlengang einstellbar sind.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zum Justieren mindestens eines Lichtstrahles auf einen Sollstrahlengang anzugeben, das
20 effizient und zuverlässig und reproduzierbar ausführbar und das universell einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, das durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

- 25 • Abspalten eines ersten Referenzstrahles und eines zweiten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl,
- Detektieren des ersten Referenzstrahles und des zweiten Referenzstrahles mit einem Positionsdetektor, der in einer bekannten Position zum Sollstrahlengang angeordnet ist,

- Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen auf den Sollstrahlengang.

Es ist außerdem eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Vereinigen
5 von einem Lichtstrahl und zumindest einem weiteren Lichtstrahl vorzuschlagen, das flexibel und zuverlässig insbesondere bei verschiedenen Wellenlängen einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, das durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:

- 10 • Abspalten eines ersten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl und eines weiteren ersten Referenzstrahles von dem weiteren Lichtstrahl, sowie Abspalten eines zweiten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl und eines weiteren zweiten Referenzstrahles von dem weiteren Lichtstrahl,
- 15 • Detektieren der Referenzstrahlen mit einem Positionsdetektor,
- Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles und/oder des weiteren Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen.

Die Erfindung hat insbesondere in der Scanmikroskopie den Vorteil, dass eine
20 einfache und zuverlässige Justierung der Lichtstrahlen einer Lichtquelle bzw. mehrerer Lichtquellen auf den Sollstrahlengang ermöglicht ist. Außerdem ist eine Möglichkeit zur wirksamen Überwachung der Justierung gegeben. Folglich ist in der Scanmikroskopie durch die Vermeidung von Dejustierungen eine besondere Stabilität der Bildqualität bei gleichzeitiger flexibler
25 Einsetzbarkeit in Bezug auf die Beleuchtungslicht-Wellenlänge gegeben.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles eine erste Grenzfläche und das weitere Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles eine zweite Grenzfläche. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist ein Prisma vorgesehen, wobei vorzugsweise
30 zwei der Seitenflächen die erste und zweite Grenzfläche bilden.

In einer anderen Variante ist ein akustooptisches Bauteil vorgesehen, das beispielsweise als ein akustooptischer Modulator (AOM), als ein akustooptischer abstimmbarer Filter (AOTF) oder als ein akustooptischer Deflektor (AOD) ausgeführt sein kann. Das akustooptische Bauteil, kann in
5 einer bevorzugten Ausgestaltung die Vereinigung der Lichtstrahlen bewirken. In einer anderen Ausführung dient das akustooptische Bauteil zur spektralen Aufspaltung und ist beispielsweise einem Prisma mit einer ersten und einer
- zweiten Grenzfläche vorgeordnet. Das akustooptische Bauteil kann auch dazu dienen die Lichtleistung der vereinigten Lichtstrahlen separat zu variieren und
10 der jeweiligen Anwendung anzupassen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Positionsdetektor für verschiedene detektierbare Positionen kalibriert. Jeder möglichen Strahllage ist vorzugsweise eine detektierbarer Satz von Positionen zugeordnet; auch zur Sollstrahllage gibt es einen korrespondierenden Satz von Sollpositionen. Die
15 Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage der zu justierenden Lichtstrahlen werden optimiert, bis die Sollpositionen detektiert werden. Weichen die detektierten Positionen, beispielsweise auf Grund einer äußeren Störung von den Sollpositionen ab, kann über eine Regelschleife eine Nachjustierung erfolgen, so dass die zu justierenden Lichtstrahlen aktiv auf dem
20 Sollstrahlengang gehalten werden können. Vorzugsweise wird der erste Referenzstrahl und der zweite Referenzstrahl an verschiedenen Orten abgespalten.

In einer bevorzugten Ausgestaltung sind das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und das weitere Mittel zum Abspalten des zweiten
25 Referenzstrahles Bestandteile eines einzigen optischen Bauteils, beispielsweise zwei Seitenflächen eines Prismas. Diese Ausgestaltung ist besonders stabil und resistent gegen Vibrationen und Erschütterungen. Die erfindungsgemäße Einrichtung bzw. Vorrichtung ist vorzugsweise in einer kompakten monolithischen Bauweise ausgeführt. Die Mittel zum Abspalten
30 und der Positionsdetektor sind einander vorzugsweise raumfest zugeordnet ist, so dass, da nur eine Relativmessung ausgeführt werden muss, eine besondere Stabilität gegeben ist.

Die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage der Lichtstrahlen bzw. des Lichtstrahls sind in einer besonderen Ausgestaltung mit Stellelementen, die beispielsweise als kardanisch aufgehängte Kippspiegel ausgeführt sein können, veränderbar. In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante ist
5 vorgesehen, dass die Einfallswinkel und/oder die Orte unter denen die Lichtstrahlen auf die erste Grenzfläche treffen, einstellbar sind. Hierzu sind ebenfalls Stellelemente vorgesehen. Als Stellelemente können alle
- einstellbaren und vorzugsweise steuerbaren lichtstrahlablenkenden Elemente, wie beispielsweise auch akustooptische Deflektoren (AOD), verwendet
10 werden. Die Stellelemente sind vorzugsweise dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles vorgeschaltet.

Eine Ausführungsform, in der die Stellelemente in Abhängigkeit von den mit dem Positionsdetektor(en) detektierten Positionen steuer- und/oder regelbar sind, ist besonders vorteilhaft. Mit einer solchen Ausgestaltung ist eine
15 Steuerung bzw. Regelung realisierbar, die automatisch die Justierung des Lichtstrahles (der Lichtstrahlen) bzw. die Kollinearität der vereinigten Lichtstrahlen optimiert.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Positionsdetektor als CCD-Detektor ausgeführt. Er kann beispielsweise auch als Photodiodenzeile, als
20 Photomultiplierarray ausgeführt sein oder auch mehrere Einzeldetektoren beinhalten. Vorzugsweise werden die Referenzstrahlen gemeinsam mit einem Positionsdetektor detektiert, so dass nur noch Relativmessungen innerhalb des Positionsdetektors nötig sind.

Vorzugsweise werden die Position des ersten Referenzstrahles und die
25 Position des zweiten Referenzstrahles unabhängig voneinander detektiert und für Korrekturen der Strahlwinkel und -lagen nutzbar gemacht. In einer bevorzugten Ausgestaltung werden die Positionen der Referenzstrahlen gleichzeitig detektiert, was in Bezug auf äußere Störungen, wie Vibrationen und Erschütterungen, besonders vorteilhaft ist, weil keine Änderung der
30 räumlichen Situation die Messung verfälscht.

In einer besonderen Ausführung sind die Lichtleistungen der Referenzstrahlen

unabhängig voneinander ermittelbar und für Korrekturen der Lichtleistungen verwendbar, was insbesondere in der Scanmikroskopie von Wichtigkeit ist.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Einrichtung zum Justieren ist mindestens ein weiterer Lichtstrahl auf den Sollstrahlengang justierbar. Der
5 Lichtstrahl und weitere Lichtstrahlen können verschiedene Wellenlängen aufweisen.

Vor dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles ist in einer bevorzugten Ausgestaltung ein Bauteil zur spektralen Aufspaltung vorgesehen, das vorzugsweise zwischen den Stellelementen und dem Mittel
10 zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles angeordnet ist. Das Bauteil zur spektralen Aufspaltung kann beispielsweise als planparallele Platte, als Prisma oder als Gitter ausgeführt sein.

In einer anderen Ausführung ist ein dispersives Element vorgesehen, das zwischen dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und dem
15 weiteren Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles angeordnet ist.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Einrichtung zum Justieren spaltet das Mittel zum Abspalten von dem weiteren Lichtstrahl einen weiteren ersten Referenzstrahl ab und das weitere Mittel zum Abspalten von dem weiteren Lichtstrahl einen weiteren zweiten Referenzstrahl, wobei der weitere erste und
20 der weitere zweite Referenzstrahl von dem Positionsdetektor detektierbar sind, und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des zweiten Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen des weiteren ersten und des weiteren zweiten Referenzstrahls auf den Sollstrahlengang einstellbar ist. Vorzugsweise sind die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage
25 des ersten und des weiteren Lichtstrahles unabhängig voneinander einstellbar. In einer Variante sind weitere Stellelemente zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des weiteren Lichtstrahles vorgesehen. Vorzugsweise sind die weiteren Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen des weiteren ersten und des weiteren zweiten
30 Referenzstrahles steuerbar.

Die Einrichtung zum Justieren eignet sich besonders gut zur Einkopplung von Lichtstrahlen in ein Mikroskop, insbesondere ein Scanmikroskop, das als konfokales Scanmikroskop ausgeführt sein kann. Demgemäss kann der Sollstrahlengang der Strahlengang eines Mikroskops, eines Scanmikroskops
5 oder ein konfokales Scanmikroskops sein. In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung dient die Einrichtung gleichzeitig zum Auskoppeln des von der Probe ausgehenden Detektionslichtes.

10 In einer bevorzugten Ausgestaltung verlaufen die von der Lichtquelle emittierten Lichtstrahlen zunächst kollinear und werden vor der ersten Grenzfläche mit einem Bauteil zur spektralen Aufspaltung räumlich spektral getrennt. Diese Ausführung ist insbesondere dann interessant, wenn die Lichtquelle eine Lichtleitfaser umfasst, die alle primären Lichtstrahlen gemeinsam transportiert.

15 In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand schematisch dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend beschrieben, wobei gleich wirkende Bauteile mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine optische Vorrichtung zum Vereinigen von zumindest zwei Lichtstrahlen,

Fig. 2 eine Einrichtung zum Justieren,

20 Fig. 3 ein erfindungsgemässes Scanmikroskop.

Fig. 4 eine weitere Einrichtung zum Justieren.

Fig. 1 zeigt schematisch eine optische Vorrichtung 1 zum Vereinigen von zumindest zwei Lichtstrahlen, nämlich einem ersten Lichtstrahl 3 und einem zweiten Lichtstrahl 5. Die Lichtstrahlen 3, 5 werden von einer Lichtquelle 7, die
25 einen ersten Laser 9 und einen zweiten Laser 11 beinhaltet emittiert. Die Lichtstrahlen 3, 5 weisen unterschiedliche Wellenlängen auf. Der erste Lichtstrahl 3 trifft auf ein erstes Stellelement 13, das einen in zwei Achsen verkippbaren ersten Kippspiegel 15 beinhaltet. Anschließend trifft der erste Lichtstrahl 3 auf ein zweites Stellelement 17, das einen in zwei Achsen
30 verkippbaren zweiten Kippspiegel 19 beinhaltet. Das zweite Stellelement 17

lenkt den ersten Lichtstrahl 3 auf ein Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles 25, das als erste Grenzfläche 21 eines Prismas 23 ausgeführt ist. An der ersten Grenzfläche 21 wird ein erster Referenzstrahl 25 durch Teilreflexion abgespalten und trifft auf den Positionsdetektor 27, der als
5 CCD-Array 29 ausgeführt ist. Nach Passieren der ersten Grenzfläche 21 durchläuft der erste Lichtstrahl 3 das Prisma 23 und trifft auf ein weiteres Mittel zum Abspalten eines zweiten Referenzstrahles 33, das als zweite
- Grenzfläche 31 ausgeführt ist. An der zweiten Grenzfläche 31 wird ein zweiter Referenzstrahl 33 durch Teilreflexion abgespalten und trifft nach einer
10 totalinternen Reflexion an einer dritten Grenzfläche 35 und nach Passieren der ersten Grenzfläche 21 auf den Positionsdetektor 27. Analog verläuft der zweite Lichtstrahl 5, von einem dritten Stellelement 37 mit einem dritten Kippspiegel 39 und einem vierten Stellelement 41 mit einem vierten Kippspiegel 43 geführt. Von dem zweiten Lichtstrahl 5 wird an der ersten
15 Grenzfläche 21 ein weiterer erster Referenzstrahl 45 an der zweiten Grenzfläche 31 ein weiterer zweiter Referenzstrahl 47 abgespalten und zu dem Positionsdetektor 27 gelenkt. Vor dem Positionsdetektor ist eine Linse 49 angeordnet, die die Referenzstrahlen auf das CCD-Array 29 fokussiert. Es ist auch möglich, eine leichte Defokussierung vorzusehen, um durch Interpolation
20 über mehrere Pixel eine bessere Auflösung zu erreichen. Aus den verschiedenen Auftrefforten der Referenzstrahlen auf dem CCD-Array 29 kann auf die Orte und auf die Winkel, unter denen die Lichtstrahlen 3, 5 auf die erste Grenzfläche 21 bzw. zweite Grenzfläche 31 treffen, geschlossen werden und somit auf die Lage und die Ausbreitungsrichtung der Lichtstrahlen
25 3, 5 nach dem Verlassen des Prismas 23. Der Positionsdetektor erzeugt Positionssignale, die er an eine Verarbeitungseinheit 51 weitergibt. Anhand der übergebenen Positionsdaten steuert die Verarbeitungseinheit 51 die Stellelemente 13, 17, 37, 41, bis die aus dem Prisma austretenden Lichtstrahlen 3, 5 hinreichend kollinear verlaufen. Der Wegunterschied
30 zwischen dem ersten Referenzstrahl 25 und dem zweiten Referenzstrahl 33 bzw. zwischen dem weiteren ersten Referenzstrahl 45 und dem weiteren zweiten Referenzstrahl 47 beträgt vorzugsweise etwa 20 mm, was zu einer Abstandsänderung von ca. 20 μ m auf dem Positionsdetektor pro mrad

Winkeldifferenz führt. 20 µm entspricht etwa dem Abstand zweier Pixel auf üblichen CCD Detektoren.

Im weiteren Strahlengang der vereinigten Lichtstrahlen 3, 5 ist ein akustooptisches Bauteil, das als AOTF 53 ausgeführt ist, vorgesehen, um die
5 Lichtleistung der Lichtstrahlen 3, 5 separat einstellen zu können. Der erste Lichtstrahl 3 und die von ihm abgespaltenen Referenzstrahlen 25, 33 sind in der Zeichnung gestrichelt dargestellt. Der zweite Lichtstrahl 5 und die von ihm abgespaltenen Referenzstrahlen 45, 47 sind in der Zeichnung gepunktet dargestellt.

10 Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die insbesondere dazu geeignet ist, mehrere koaxial verlaufenden Lichtstrahlen 3, 5, die unterschiedliche Wellenlängen aufweisen, beispielsweise nach der Auskopplung aus einer Lichtleitfaser, auf einen Sollstrahlengang zu justieren und dort durch eine geeignete Regelung zu halten.

15 Die Lichtstrahlen 3, 5 treffen auf ein erstes Stellelement 13, das einen in zwei Achsen verkippbaren ersten Kippspiegel 15 beinhaltet und anschließend auf ein zweites Stellelement 17, das einen in zwei Achsen verkippbaren zweiten Kippspiegel 19 beinhaltet. Mit Hilfe der Stellelemente 13, 17 lässt sich die Lage und die Ausbreitungsrichtung der Lichtstrahlen 3, 5 einstellen. Nach
20 Passieren der Stellelemente 13, 17 treffen die Lichtstrahlen 3, 5 auf eine erste planparallele Platte 55, die die Lichtstrahlen 3, 5 räumlich spektral trennt. Mit Hilfe einer zweiten planparallelen Platte 57 werden die Lichtstrahlen 3, 5 wieder vereinigt. Die zweite planparallele Platte 57 weist als Mittel zum
25 Abspalten eines ersten Referenzstrahles 25 und eines weiteren ersten Referenzstrahles 45 eine erste Grenzfläche 21 auf, die von dem ersten Lichtstrahl 3 einen ersten Referenzstrahl 25 und von dem zweiten Lichtstrahl 5 einen weiteren ersten Referenzstrahl 45 abspaltet. Nach Durchlaufen der
30 zweiten planparallelen Platte 57 treffen die Lichtstrahlen 3, 5 auf ein Mittel zum Abspalten eines zweiten Referenzstrahles 33 und eines weiteren zweiten Referenzstrahles 47, nämlich eine zweite Grenzfläche 31, die von dem ersten Lichtstrahl 3 einen zweiten Referenzstrahl 33 und von dem zweiten Lichtstrahl 5 einen weiteren zweiten Referenzstrahl 47 abspaltet. Alle Referenzstrahlen

werden zu einem Positionsdetektor 27 geführt, der als CCD-Array 29 ausgeführt ist.

Der Positionsdetektor 27 erzeugt Positionssignale, die er an eine Verarbeitungsarbeit 51 weitergibt. Anhand der übergebenen Positionsdaten steuert die Verarbeitungsarbeit 51 die Stellelemente 13, 17, bis die aus der zweiten planparallelen Platte austretenden Lichtstrahlen 3, 5 die gewünschte Lage haben und in die gewünschte Richtung verlaufen. Die aktuelle Lage und die aktuelle Ausbreitungsrichtung der Lichtstrahlen 3, 5 wird permanent oder regelmäßig mit der gewünschten Lage und der gewünschten Ausbreitungsrichtung verglichen und ggf. automatisch von der Verarbeitungseinheit 51 über die Stellelemente 13, 17 korrigiert.

Fig. 3 zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes Scanmikroskop, das als konfokales Scanmikroskop ausgeführt ist. Die von einer Lichtquelle 7, die als Mehrlinienlaser ausgeführt ist, kommenden Lichtstrahlen 3, 5 werden mit der Optik 59 zum Transport in eine Lichtleitfaser 61 eingekoppelt. Die Auskopplung erfolgt mit einer weiteren Optik 63, die die Lichtstrahlen 3, 5 weitgehend kollimiert. Mit der folgenden Vorrichtung, deren Funktionsweise bereits in Bezug auf Fig. 2 beschrieben wurde, werden die Lichtstrahlen 3, 5 automatisch auf den Strahlengang des Scanmikroskops justiert.

Nach Passieren der Beleuchtungslochblende 65 werden die Lichtstrahlen 3, 5 von einem Strahlteiler 67 zu einem kardanisch aufgehängten Scanspiegel 69, der die Lichtstrahlen 3, 5 durch die Scanoptik 71, die Tubusoptik 73 und das Objektiv 75 hindurch über bzw. durch die Probe 77 führt. Die Probe 77 ist mit mehreren Fluoreszenzfarbstoffen markiert. Der von der Probe 77 ausgehende Detektionslichtstrahl 79 gelangt durch das Objektiv 75, die Tubusoptik 73 und die Scanoptik 71 hindurch und über den Scanspiegel 69 zum Strahlteiler 67, passiert diesen und trifft nach Passieren der Detektionsblende 81 auf einen Detektor 83, der als Multibanddetektor ausgeführt ist, und der elektrische, zur Leistung des Detektionslichtstrahls 79 proportionale elektrische Detektionssignale erzeugt. Diese werden an den PC 85 weitergeleitet. Die Detektionssignale werden im PC 85 aufbereitet und dem Benutzer auf einem Monitor 87 in Form eines Abbildes der Probe 77 angezeigt. Das

Scanmikroskop ist unempfindlich gegen Dejustierungen und erlaubt einen schnellen, unkomplizierten Wechsel der Lichtquelle bzw. der Lichtleitfaser.

Fig. 4 zeigt eine weitere Einrichtung zum Justieren eines Lichtstrahles 3 auf einen Sollstrahlengang, der in der Zeichnung durch eine optische Sollachse 89 illustriert ist. Der Lichtstrahl 3 trifft auf ein erstes Stellelement 13, das einen in zwei Achsen verkippbaren ersten Kippspiegel 15 beinhaltet. Anschließend trifft der erste Lichtstrahl 3 auf ein zweites Stellelement 17, das einen in zwei Achsen verkippbaren zweiten Kippspiegel 19 beinhaltet. Das zweite Stellelement 17 lenkt den ersten Lichtstrahl 3 auf ein Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles 25, das als erste Grenzfläche 21 eines Prismas 23 ausgeführt ist. An der ersten Grenzfläche 21 wird ein erster Referenzstrahl 25 durch Teilreflexion abgespalten und trifft auf den Positionsdetektor 27, der als CCD-Array 29 ausgeführt ist. Nach Passieren der ersten Grenzfläche 21 durchläuft der erste Lichtstrahl 3 das Prisma 23 und trifft auf ein weiteres Mittel zum Abspalten eines zweiten Referenzstrahles 33, das als zweite Grenzfläche 31 ausgeführt ist. An der zweiten Grenzfläche 31 wird ein zweiter Referenzstrahl 33 durch Teilreflexion abgespalten und trifft nach einer totalinternen Reflexion an einer dritten Grenzfläche 35 und nach Passieren der ersten Grenzfläche 21 auf den Positionsdetektor 27. Vor dem Positionsdetektor ist eine Linse 49 angeordnet, die die Referenzstrahlen auf das CCD-Array 29 fokussiert. Es ist auch möglich, eine leichte Defokussierung vorzusehen, um durch Interpolation über mehrere Pixel eine bessere Auflösung zu erreichen. Aus den verschiedenen Auftrefforten der Referenzstrahlen auf dem CCD-Array 29 kann auf die Orte und auf die Winkel, unter denen der Lichtstrahl 3 auf die erste Grenzfläche 21 bzw. zweite Grenzfläche 31 treffen, geschlossen werden und somit auf die Lage und auf die Ausbreitungsrichtung des Lichtstrahls 3 nach dem Verlassen des Prismas 23. Der Positionsdetektor erzeugt Positionssignale, die er an eine Verarbeitungseinheit 51 weitergibt. Anhand der übergebenen Positionsdaten steuert die Verarbeitungseinheit 51 die Stellelemente 13, 17, bis der aus dem Prisma austretende Lichtstrahl 5 auf dem Sollstrahlengang bzw. der Sollachse 89 verläuft.

Mit derselben Einrichtung können weitere Lichtstrahlen gleichzeitig auf den Sollstrahlengang justiert werden. Hierfür sind vorzugsweise weitere Stellelemente vorgesehen.

Die Erfindung wurde in Bezug auf eine besondere Ausführungsform
5 beschrieben. Es ist jedoch selbstverständlich, dass Änderungen und Abwandlungen durchgeführt werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste:

	1	optische Vorrichtung
	3	erster Lichtstrahl
5	5	zweiter Lichtstrahl
	7	Lichtquelle
	9	erster Laser
	11	zweiter Laser
	13	erstes Stellelement
10	15	erster Kippspiegel
	17	zweiter Stellelement
	19	zweiter Kippspiegel
	21	erste Grenzfläche
	23	Prismas
15	25	erster Referenzstrahl
	27	Positionsdetektor
	29	CCD-Array
	31	zweite Grenzfläche
	33	zweiter Referenzstrahl
20	35	dritte Grenzfläche
	37	drittes Stellelement
	39	dritter Kippspiegel
	41	viertes Stellelement
	43	vierter Kippspiegel
25	45	weiterer erster Referenzstrahl

	47	weiterer zweiter Referenzstrahl
	49	Linse
	51	Verarbeitungsarbeit
	53	AOTF
5	55	erste planparallele Platte
	57	zweite planparallele Platte
	59	Optik
	61	Lichtleitfaser
	63	weitere Optik
10	65	Beleuchtungslochblende
	67	Strahlteiler
	69	Scanspiegel
	71	Scanoptik
	73	Tubusoptik
15	75	Objektiv
	77	Probe
	79	Detektionslichtstrahl
	81	Detektionsblende
	83	Detektor
20	85	PC
	87	Monitor
	89	Sollachse

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Justieren mindestens eines Lichtstrahles auf einen Sollstrahlengang, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und ein weiteres Mittel zum
5 Abspalten eines zweiten Referenzstrahles vorgesehen ist, wobei die Referenzstrahlen von einem Positionsdetektor detektierbar sind, der in einer bekannten Position zum Sollstrahlengang angeordnet ist, und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen auf den Sollstrahlengang einstellbar ist.
- 10 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles eine erste Grenzfläche und das weitere Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles eine zweite Grenzfläche ist.
3. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch
15 gekennzeichnet, dass die Einrichtung ein Prisma beinhaltet.
4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ein akustooptisches Bauteil beinhaltet.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
20 gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und das weitere Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles Bestandteile eines einzigen optischen Bauteils sind.
6. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles Stellelemente vorgesehen sind.
- 25 7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente Kippspiegel sind.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen steuerbar sind.
- 5 9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles vorgeschaltet sind.
- 10 10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallswinkel, unter dem der Lichtstrahl auf die erste Grenzfläche trifft, einstellbar ist.
- 10 11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Ort, an dem der Lichtstrahl auf die erste Grenzfläche trifft, einstellbar ist.
- 15 12. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des ersten Referenzstrahles und die Position des zweiten Referenzstrahles unabhängig voneinander detektierbar sind.
13. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleistungen der Referenzstrahlen unabhängig voneinander ermittelbar sind.
- 20 14. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Positionsdetektor ein CCD-Detektor ist.
15. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gemeinsam mit einem Positionsdetektor detektierbar sind.
16. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gleichzeitig detektierbar sind.
- 25 17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein weiterer Lichtstrahl auf den Sollstrahlengang justierbar ist.
18. Einrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl und weitere Lichtstrahl verschiedene Wellenlängen aufweisen.

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass ein dispersives Element vorgesehen ist, das zwischen dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und dem weiteren Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles angeordnet ist.
- 5 20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein dispersives Element vorgesehen ist, das dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles vorgeschaltet ist.
- 10 21. Einrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten von dem weiteren Lichtstrahl einen weiteren ersten Referenzstrahl abspaltet und das weitere Mittel zum Abspalten von dem weiteren Lichtstrahl einen weiteren zweiten Referenzstrahl abspaltet, wobei der weitere erste und der weitere zweite Referenzstrahl von dem Positionsdetektor detektierbar sind, und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des zweiten Lichtstrahles in Abhängigkeit von den
15 detektierten Positionen des weiteren ersten und des weiteren zweiten Referenzstrahls auf den Sollstrahlengang einstellbar ist.
22. Einrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des ersten und des weiteren Lichtstrahles unabhängig voneinander einstellbar sind.
- 20 23. Einrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des weiteren Lichtstrahles weitere Stellelemente vorgesehen sind.
24. Einrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die weiteren Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen des
25 weiteren ersten und des weiteren zweiten Referenzstrahles steuerbar sind.
25. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollstrahlengang der Strahlengang eines Mikroskops ist.
26. Einrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass das
30 Mikroskop ein Scanmikroskop oder ein konfokales Scanmikroskop ist.

27. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, gekennzeichnet durch die Verwendung zur Einkopplung von Lichtstrahlen in ein Scanmikroskop.
28. Optische Vorrichtung zum Vereinigen von einem Lichtstrahl und
5 zumindest einem weiteren Lichtstrahl, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl und eines weiteren ersten Referenzstrahles von dem weiteren Lichtstrahl, sowie ein weiteres Mittel zum Abspalten eines zweiten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl und eines weiteren zweiten Referenzstrahles von dem weiteren
10 Lichtstrahl vorgesehen ist, wobei die Referenzstrahlen von einem Positionsdetektor detektierbar sind und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des Lichtstrahles und/oder des weiteren Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen einstellbar ist.
29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der
15 Lichtstrahl und der weitere Lichtstrahl unterschiedliche Wellenlängen aufweisen.
30. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles eine erste Grenzfläche und das weitere Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles eine
20 zweite Grenzfläche ist.
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ein Prisma beinhaltet.
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ein akustooptisches Bauteil beinhaltet.
- 25 33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten und das weitere Mittel zum Abspalten Bestandteile eines einzigen optischen Bauteils sind.
34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des ersten
30 und des weiteren Lichtstrahles unabhängig voneinander einstellbar sind.

35. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles und/oder des weiteren Lichtstrahls Stellelemente vorgesehen sind.
- 5 36. Vorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente Kippspiegel sind.
37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 oder 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen steuerbar sind.
- 10 38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles vorgeschaltet sind.
39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallswinkel, unter dem der Lichtstrahl und/oder der weitere Lichtstrahl auf die erste Grenzfläche trifft, einstellbar ist.
- 15 40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass der Ort, an dem der Lichtstrahl und/oder der weitere Lichtstrahl auf die erste Grenzfläche trifft, einstellbar ist.
41. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Positionsdetektor ein CCD-Detektor ist.
- 20 42. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gemeinsam mit einem Positionsdetektor detektierbar sind.
43. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gleichzeitig detektierbar sind.
- 25 44. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 43, gekennzeichnet durch die Verwendung zur Erzeugung eines Beleuchtungslichtstrahles für ein Scanmikroskop.
- 30 45. Scanmikroskop, das einen Sollstrahlengang definiert, mit einer Lichtquelle, die zumindest einen Lichtstrahl erzeugt, und mit einer Einrichtung zum Justieren des Lichtstrahles auf den Sollstrahlengang, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles

und ein weiteres Mittel zum Abspalten eines zweiten Referenzstrahles vorgesehen sind, wobei die Referenzstrahlen von einem Positionsdetektor detektierbar sind, der in einer bekannten Position zum Sollstrahlengang angeordnet ist, und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen auf den Sollstrahlengang einstellbar sind.

46. Scanmikroskop nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles eine erste Grenzfläche und das weitere Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles eine zweite Grenzfläche ist.

47. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 45 oder 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ein Prisma beinhaltet.

48. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 45 oder 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ein akustooptisches Bauteil beinhaltet.

49. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 45 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und das weitere Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles Bestandteile eines einzigen optischen Bauteils sind.

50. Scanmikroskop nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles Stellelemente vorgesehen sind.

51. Scanmikroskop nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente Kippspiegel sind.

52. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 50 oder 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen steuerbar sind.

53. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 50 bis 52, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles vorgeschaltet sind.

54. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 46 bis 53, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallswinkel, unter dem der Lichtstrahl auf die erste Grenzfläche trifft, einstellbar ist.
- 5 55. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 46 bis 54, dadurch gekennzeichnet, dass die Orte, an denen der Lichtstrahl auf die erste Grenzfläche trifft, einstellbar sind.
56. Scanmikroskop nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des ersten Referenzstrahles und die Position des zweiten Referenzstrahles unabhängig voneinander detektierbar sind.
- 10 57. Scanmikroskop nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleistungen der Referenzstrahlen unabhängig voneinander ermittelbar sind.
58. Scanmikroskop nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass der Positionsdetektor ein CCD-Detektor ist.
- 15 59. Scanmikroskop nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gemeinsam mit einem Positionsdetektor detektierbar sind.
60. Scanmikroskop nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gleichzeitig detektierbar sind.
- 20 61. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 45 bis 60, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein weiterer Lichtstrahl auf den Sollstrahlengang justierbar ist.
62. Scanmikroskop nach Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl und der weitere Lichtstrahl verschiedene Wellenlängen aufweisen.
- 25 63. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 61 oder 62, dadurch gekennzeichnet, dass ein dispersives Element vorgesehen ist, das zwischen dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles und dem weiteren Mittel zum Abspalten des zweiten Referenzstrahles angeordnet ist.

64. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 61 bis 63, dadurch gekennzeichnet, dass ein dispersives Element vorgesehen ist, das dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles vorgeschaltet ist.

5 65. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 61 bis 64, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten von dem weiteren Lichtstrahl einen weiteren ersten Referenzstrahl abspaltet und das weitere Mittel zum Abspalten von dem weiteren Lichtstrahl einen weiteren zweiten Referenzstrahl abspaltet, wobei der weitere erste und der weitere zweite Referenzstrahl von dem Positionsdetektor detektierbar sind, und wobei die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des zweiten Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen des weiteren ersten und des weiteren zweiten Referenzstrahls auf den Sollstrahlengang einstellbar ist.

15 66. Scanmikroskop nach einem der Ansprüche 61 bis 65, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des ersten und des weiteren Lichtstrahles unabhängig voneinander einstellbar sind.

67. Scanmikroskop nach Anspruch 66, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des weiteren Lichtstrahles weitere Stellelemente vorgesehen sind.

20 68. Scanmikroskop nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, dass die weiteren Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen des weiteren ersten und des weiteren zweiten Referenzstrahles steuerbar sind.

69. Verfahren zum Justieren mindestens eines Lichtstrahles auf einen Sollstrahlengang gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- 25
- Abspalten eines ersten Referenzstrahles und eines zweiten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl,
 - Detektieren des ersten Referenzstrahles und des zweiten Referenzstrahles mit einem Positionsdetektor, der in einer bekannten Position zum Sollstrahlengang angeordnet ist,

30

- Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen auf den Sollstrahlengang.

70. Verfahren nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, dass der
5 Positionsdetektor für verschiedene detektierbare Positionen kalibriert ist.

71. Verfahren nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Referenzstrahl und der zweite Referenzstrahl an verschiedenen Orten abgespalten werden.

72. Verfahren nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, dass zum
10 Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles Stellelemente vorgesehen sind.

73. Verfahren nach Anspruch 72, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente Kippspiegel sind.

74. Verfahren nach einem der Ansprüche 72 oder 73, dadurch
15 gekennzeichnet, dass die Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen gesteuert werden.

75. Verfahren nach einem der Ansprüche 72 bis 74, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente dem Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles vorgeschaltet sind.

20 76. Verfahren nach einem der Ansprüche 70 bis 75, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles eine erste Grenzfläche beinhaltet und dass der Einfallswinkel, unter dem der Lichtstrahl auf die erste Grenzfläche trifft, eingestellt wird.

25 77. Verfahren nach einem der Ansprüche 70 bis 76, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Abspalten eines ersten Referenzstrahles eine erste Grenzfläche beinhaltet und dass der Ort, an dem der Lichtstrahl auf die erste Grenzfläche trifft, eingestellt wird

30 78. Verfahren nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des ersten Referenzstrahles und die Position des zweiten Referenzstrahles unabhängig voneinander detektiert werden.

79. Verfahren nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleistungen der Referenzstrahlen unabhängig voneinander ermittelt werden.
- 5 80. Verfahren nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gemeinsam mit einem Positionsdetektor detektiert werden.
81. Verfahren nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gleichzeitig detektiert werden.
- 10 82. Verfahren nach einem der Ansprüche 69 bis 81, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein weiterer Lichtstrahl auf den Sollstrahlengang justiert wird.
83. Verfahren nach Anspruch 82, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl und der weitere Lichtstrahl verschiedene Wellenlängen aufweisen.
84. Verfahren nach einem der Ansprüche 82 oder 83, gekennzeichnet durch die weiteren Schritte:
- 15 • Abspalten eines weiteren ersten Referenzstrahles und eines weiteren zweiten Referenzstrahles von dem weiteren Lichtstrahl,
- Detektieren des weiteren ersten Referenzstrahles und des weiteren zweiten Referenzstrahles mit dem Positionsdetektor,
- 20 • Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des weiteren Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen auf den Sollstrahlengang.
85. Verfahren nach einem der Ansprüche 82 bis 84, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des ersten und des weiteren Lichtstrahles unabhängig voneinander eingestellt werden.
- 25 86. Verfahren nach Anspruch 85, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des weiteren Lichtstrahles weitere Stillelemente vorgesehen sind.

87. Verfahren nach Anspruch 86, dadurch gekennzeichnet, dass die weiteren Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen des weiteren ersten und des weiteren zweiten Referenzstrahles gesteuert werden.

5 88. Verfahren nach einem der Ansprüche 69 bis 87, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollstrahlengang der Strahlengang eines Mikroskops ist.

89. Verfahren nach Anspruch 88, dadurch gekennzeichnet, dass das Mikroskop ein Scanmikroskop oder ein konfokales Scanmikroskop ist.

10 90. Verfahren zum Vereinigen von einem Lichtstrahl und zumindest einem weiteren Lichtstrahl gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Abspalten eines ersten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl und eines weiteren ersten Referenzstrahles von dem weiteren Lichtstrahl, sowie Abspalten eines zweiten Referenzstrahles von dem Lichtstrahl und eines weiteren zweiten Referenzstrahles von dem weiteren Lichtstrahl,
- 15 • Detektieren der Referenzstrahlen mit einem Positionsdetektor,
- Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles und/oder des weiteren Lichtstrahles in Abhängigkeit von den detektierten Positionen.

20 91. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl und der weitere Lichtstrahl unterschiedliche Wellenlängen aufweisen.

92. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des ersten und/oder des weiteren Lichtstrahles unabhängig voneinander eingestellt werden.

25

93. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des Lichtstrahles Stellelemente vorgesehen sind.

94. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ausbreitungsrichtung und/oder der Lage des weiteren Lichtstrahles weitere Stellelemente vorgesehen sind.
- 5 95. Verfahren nach einem der Ansprüche 93 oder 94, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente und/oder die weiteren Stellelemente in Abhängigkeit von den detektierten Positionen gesteuert werden.
96. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausbreitungsrichtung und/oder die Lage des ersten und des weiteren Lichtstrahles unabhängig voneinander einstellbar sind.
- 10 97. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass der Positionsdetektor für verschiedene detektierbare Positionen kalibriert ist.
98. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Referenzstrahl und der zweite Referenzstrahl an verschiedenen Orten abgespalten werden.
- 15 99. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des ersten Referenzstrahles und die Position des zweiten Referenzstrahles unabhängig voneinander detektiert werden.
100. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gemeinsam mit einem Positionsdetektor detektiert werden.
- 20 101. Verfahren nach Anspruch 90, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzstrahlen gleichzeitig detektiert werden.

Zusammenfassung

- 5 Eine optische Vorrichtung zum Vereinigen von zumindest zwei Lichtstrahlen, die unterschiedliche Wellenlängen aufweisen, ist offenbart. Die optische Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die optische Vorrichtung eine erste Grenzfläche aufweist, die von jedem der Lichtstrahlen je einen Referenzstrahl abgespaltet, und eine zweite Grenzfläche aufweist, die von jedem Lichtstrahl je einen weiteren Referenzstrahl abspaltet und dass die Referenzstrahlen und die weiteren Referenzstrahlen von mindestens einem Positionsdetektor detektierbar sind. Außerdem ist ein Scanmikroskop
10 offenbart.

Fig. 1

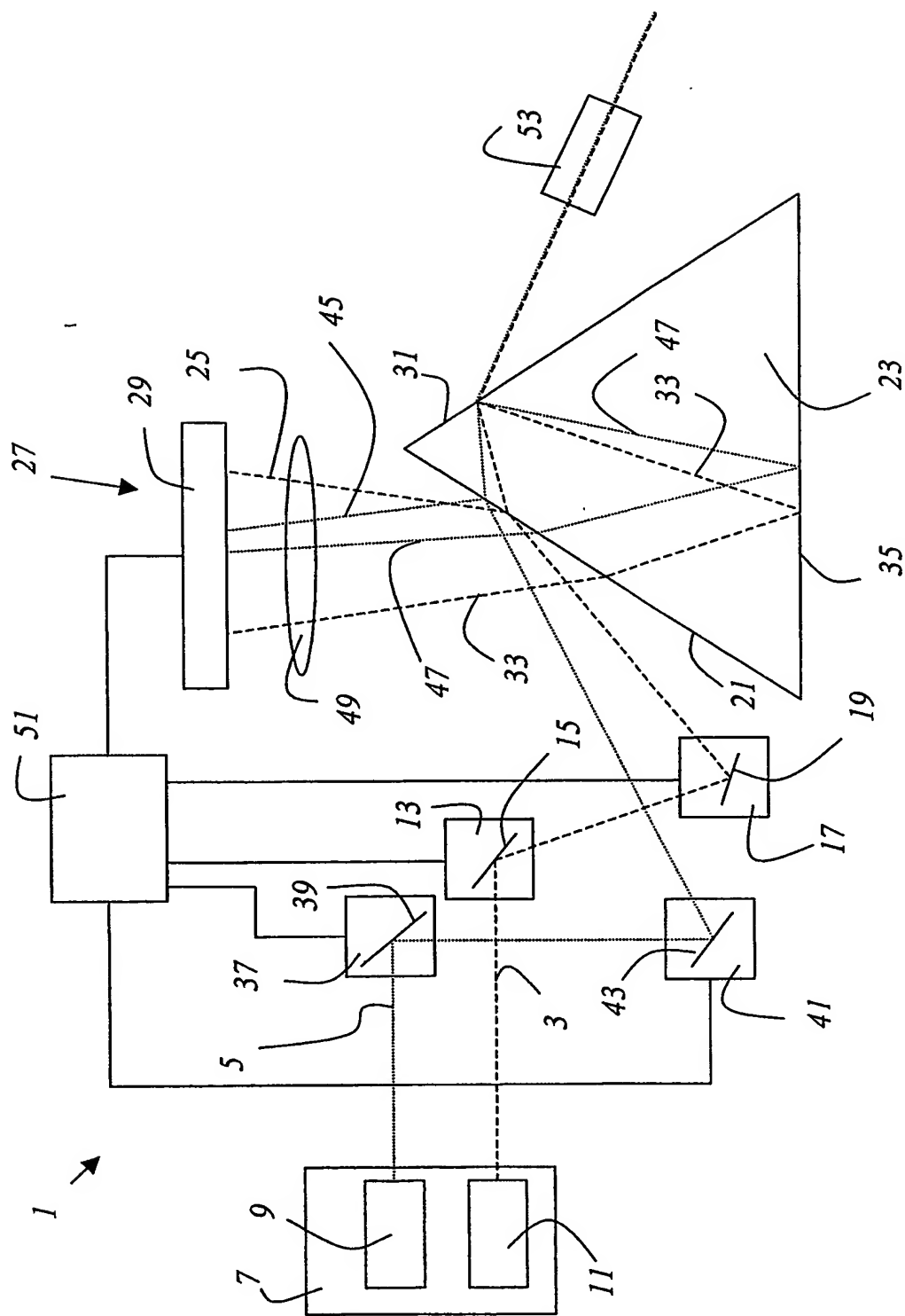


Fig. 1

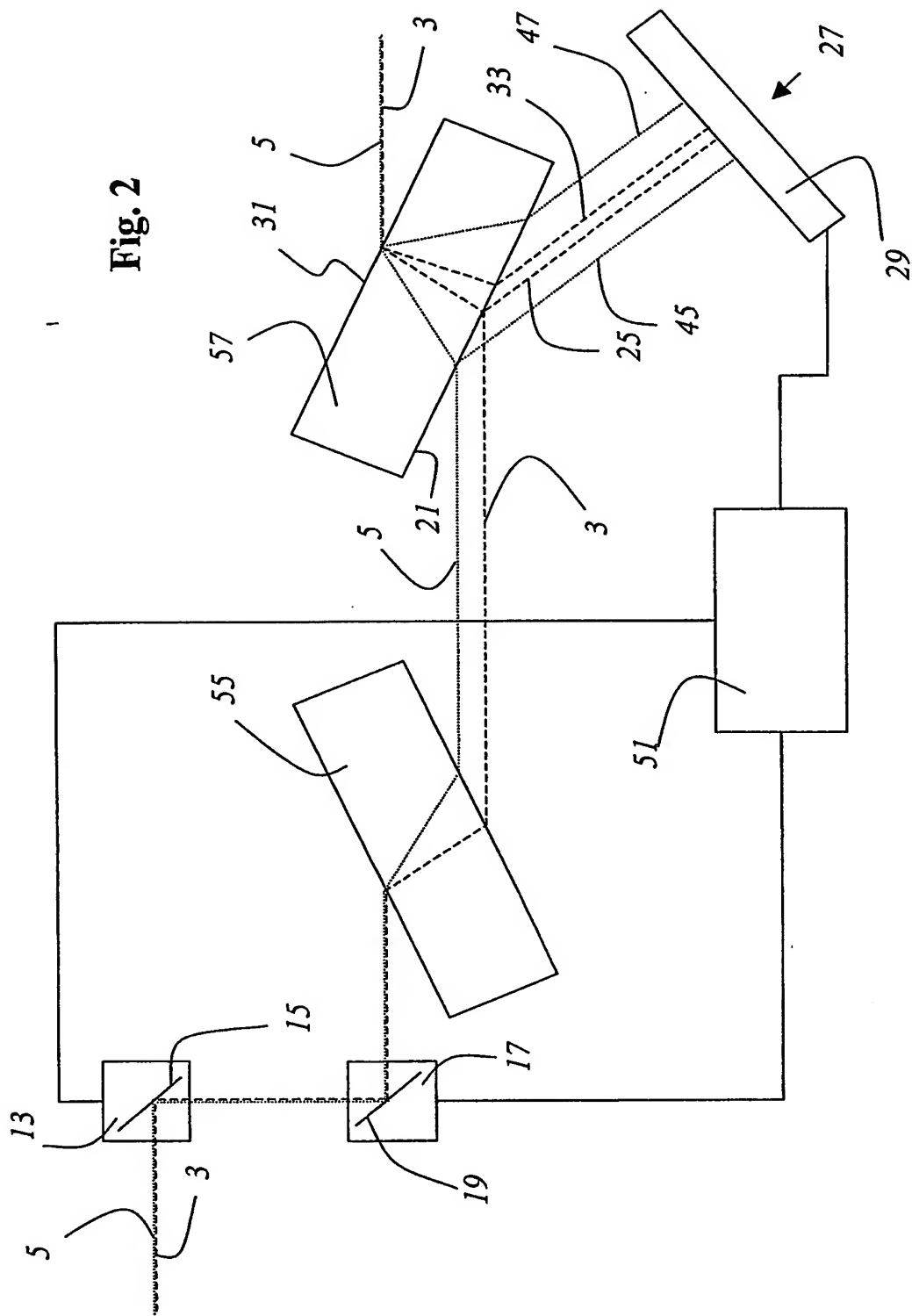
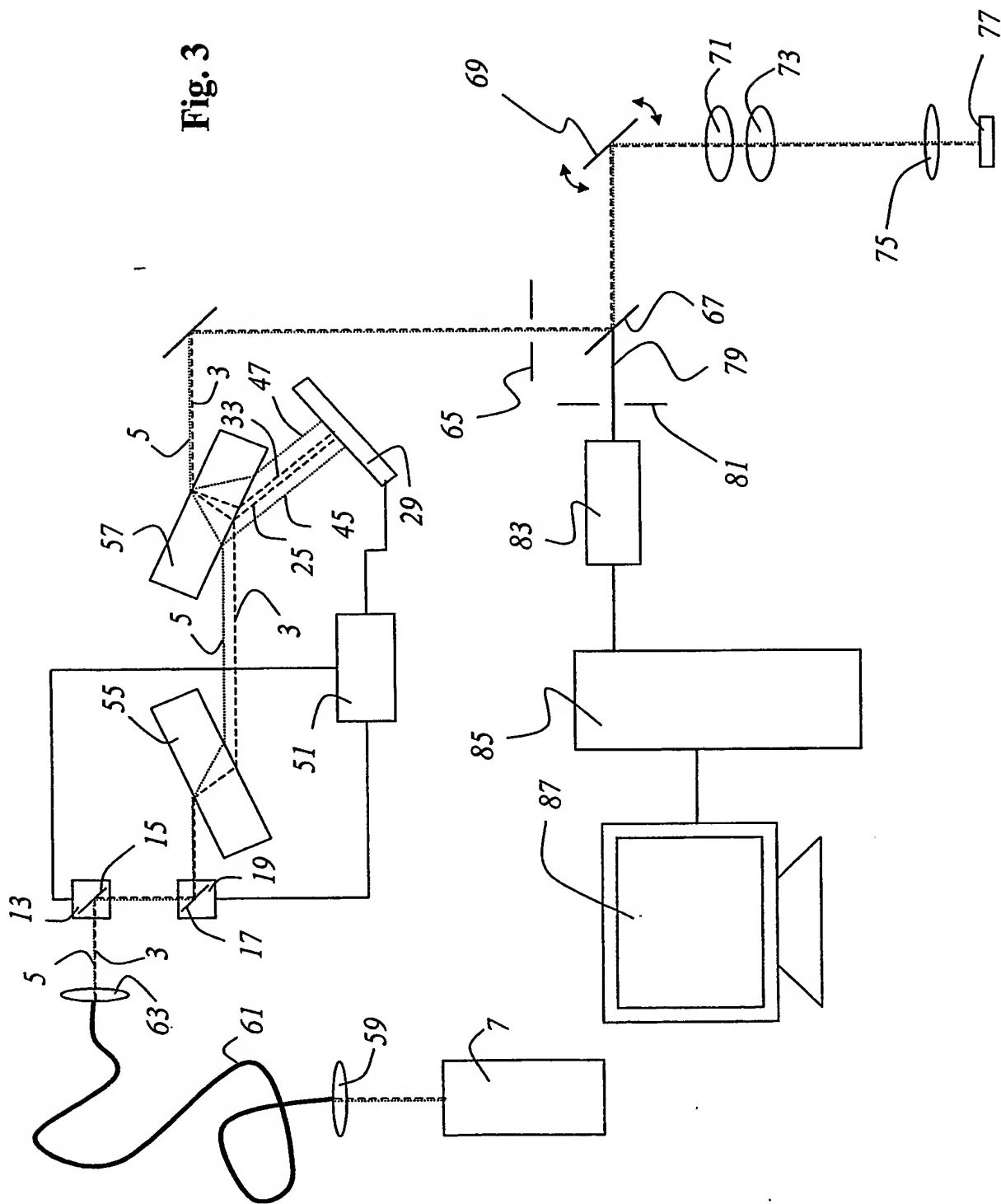


Fig. 2

Fig. 3



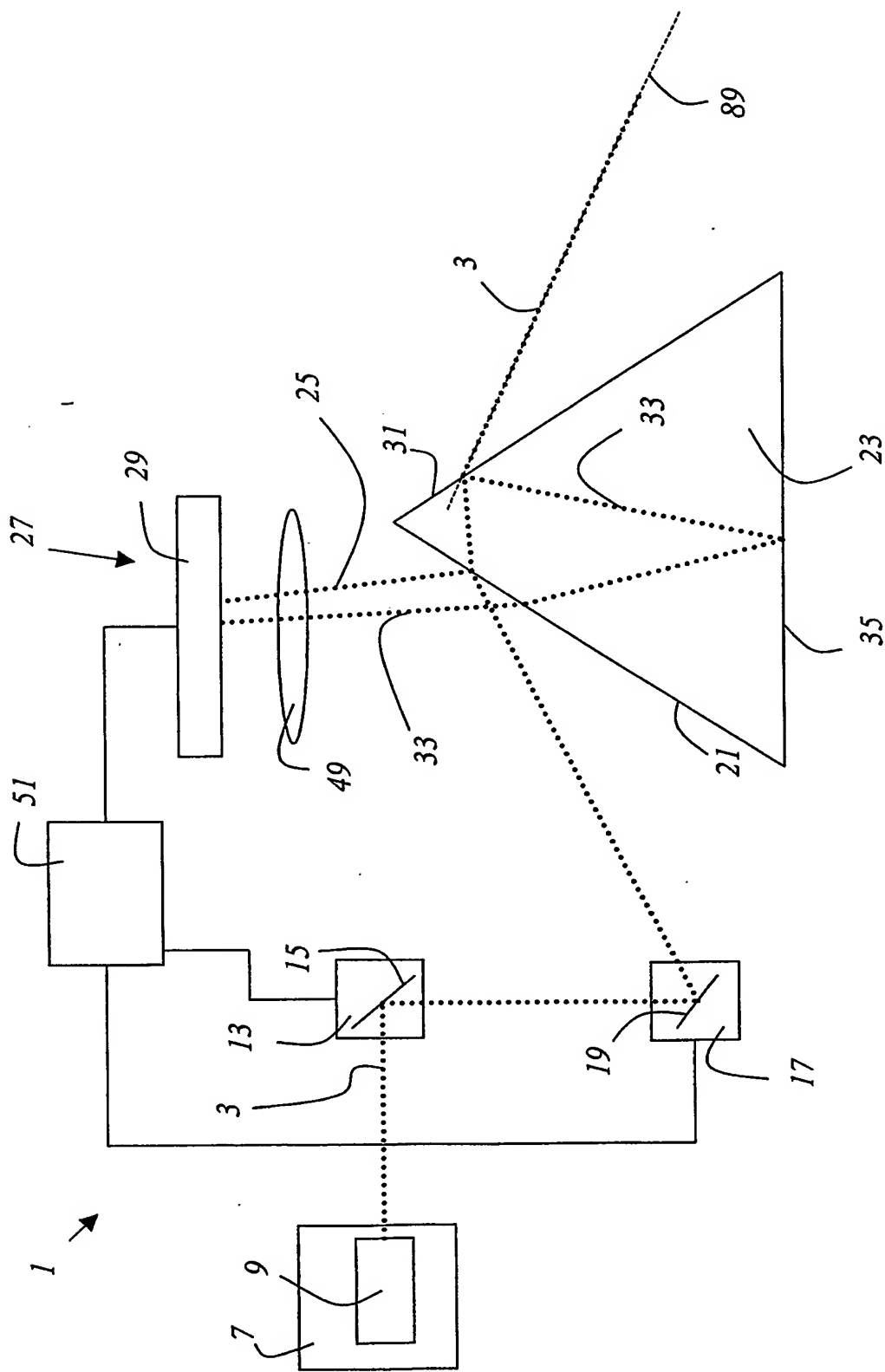


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.